

D2

[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51]Int. Cl⁷

H01S 5/323

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 01141826.5

[43]公开日 2002 年 5 月 1 日

[11]公开号 CN 1347178A

[22]申请日 2001.9.19 [21]申请号 01141826.5

[30]优先权

[32]2000.9.19 [33]JP [31]283393/2000

[71]申请人 罗姆股份有限公司

地址 日本京都

共同申请人 先锋株式会社

[72]发明人 园部雅之 木村义则 渡边温

[74]专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

代理人 蹇 炜

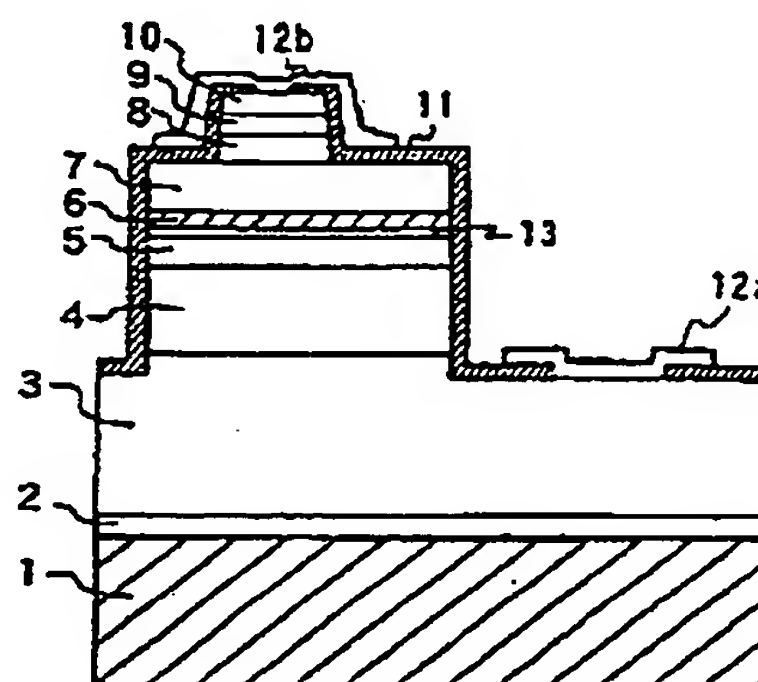
Best Available Copy

权利要求书 1 页 说明书 8 页 附图页数 8 页

[54]发明名称 III-V 氮化物半导体激光器件

[57]摘要

一种 III-V 氮化物半导体激光器件,包括:n 侧 Al-GaN 包覆层;n 侧波导层;激活层;p 侧波导层;和 p 侧 AlGaN 包覆层,其中,p 侧波导层的折射率比所述 n 侧波导层的折射率更大。这种 III-V 氮化物半导体激光器件具有优良的发射特性,而不会增加生产成本。



ISSN 1008-4274

权 利 要 求 书

1. 一种 III-V 氮化物半导体激光器件，包括：
n 侧 AlGaIn 包覆层；
n 侧波导层；
激活层；
p 侧波导层；和
p 侧 AlGaIn 包覆层，
其中，p 侧波导层的折射率比所述 n 侧波导层的折射率更大。
2. 根据权利要求 1 所述的 III-V 氮化物半导体激光器件，其中，所述的 p 侧波导层由 $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ ($0 < y \leq 1$) 形成。
3. 根据权利要求 2 所述的 III-V 氮化物半导体激光器件，其中，所述的 p 侧波导层的厚度为 $0.05 \mu\text{m}$ 或更大。
4. 根据权利要求 2 所述的 III-V 氮化物半导体激光器件，其中，所述的 p 侧波导层由 $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 形成，y 是 0.005 或更大。
5. 根据权利要求 2 所述的 III-V 氮化物半导体激光器件，其中，所述的 n 侧波导层由 GaN 形成。
6. 根据权利要求 5 所述的 III-V 氮化物半导体激光器件，进一步包括：在所述 n 侧波导层和所述激活层之间的 InGaIn 中间层。
7. 根据权利要求 6 所述的 III-V 氮化物半导体激光器件，其中，所述中间层的厚度为 500 埃或更小。

说明书

III-V 氮化物半导体激光器件

发明的背景

1. 技术领域

本发明涉及一种氮化物半导体激光器件。

2. 相关的技术说明

SCH (分别约束(confinement)异质结构) 是一种在半导体激光二极管中广泛应用的结构。在 SCH 激光二极管中, 注入载体通过在激活层和光波导层之间的接口的能带阶跃(band step)被约束(confined)到激活层, 而光场通过在光波导层和包覆层之间的接口的折射率阶跃被约束在光波导层和激活层。在由 III-V 氮化物半导体组成的激光二极管中, III-V 氮化物由式 $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_{1-y}\text{In}_y\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$) 来表示, 采用 SCH, 并且, 激光二极管由普通的半导体组成。然而, 在 III-V 氮化物半导体激光二极管中获得良好的光场是困难的, 因为为了光约束而获得具有充足厚度和 Al 摩尔份数的高质量 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}$ 外延层是困难的。因此, III-V 氮化物半导体激光器件的阈值电流密度和 FFP (远场图形) 比由普通半导体组成的激光二极管的更低, 原因是其不良的光学约束。

如图 1 所示, 普通的 III-V 氮化物半导体激光二极管具有在单晶蓝宝石的基片 1 上外延生长的多层结构。

外延层的组成是: 在低温下生长的 GaN 或 AlN 缓冲层 2, n 型 GaN 基层 3, n 型 AlGaIn 包覆层 4, n 侧(side)GaN 光波导(optical guiding)层 5, 基本上由 InGaIn 组成的激活层 6, AlGaIn 电子阻挡层 7, p 侧(side)GaN 光波导层 8, p 型 AlGaIn 包覆层 9, 和 p 型 GaN 接触层 10。

n-电极 12a 和 p 电极 12b 通过绝缘层 11 的窗口分别被沉积在基层 3 和接触层 10 上。为了获得高质量的和平滑的单晶层，缓冲层 2 首先生长在蓝宝石基片 1 上。基层 3 被生长作为 n 电极的接触层，因为蓝宝石基片 1 是一个绝缘体。

如上所述，普通的 SCH III-V 氮化物半导体激光二极管的光约束通过：(1) 增加包覆层 4 的厚度，或 (2) 降低包覆层 4 的折射率，可以得到改善。

对于所使用的方案 (1)，这种情况是：具有比 GaN 更小的晶格常数的 AlGaIn 的包覆层 4 被形成在 GaN 的基层 3 上，拉伸应力产生在包覆层 4 的内部。这使得更容易形成裂纹。当包覆层 4 的厚度变得大时，该趋势变得特别地突出。包覆层 4 中的这些裂纹降低了激光二极管的发射特性。

生长在基层 3 和包覆层 4 之间的应变松弛层（未示出）使晶格的不匹配松弛。采用应变松弛层，可减少包覆层 4 中的裂纹，并且能获得更厚的包覆层 4。例如，应变松弛层由 InGaIn 作成，厚度大约是 $0.1-0.2\mu\text{m}$ 。然而，用于松弛晶格不匹配的形变能量作为一种应变而储存在应变松弛层中，明显地降低了应变松弛层的晶体质量。此外，储存在应变松弛层的应变产生新的位错，它降低了激活层中的光增益。因此，其阈值电流密度增加。

而且，方案 (1) 的不利之处还在于：增加了包覆层 4 的生长时间以及增加了其厚度，这样，就增加了生产成本。

根据方案 (2)，包覆层 4 的折射率通过增加包覆层 4 中 Al 的摩尔份数能被降低。当该 Al 摩尔份数增加时，AlGaIn 的晶格常数降低。结果是，更大的拉伸应力作用在包覆层 4 上，在包覆层 4 中产生裂纹。

除了方案 (1) 和 (2) 之外，还有另一种方案，它通过增加波导层 5 的折射率来改善光约束，而不会降低包覆层 4 的折射率。例

如，即使微量的 In 就能增加相当的折射率。具有高折射率的光波导层 5 能改善光约束，而不增加包覆层 4 的厚度。

当 InGaN 通过金属有机化学气相沉积 (MOCVD) 来生长时，几乎是 V 型断面的坑(pits)出现在该表面上。这些坑从下层中的位错开始产生，并与所生长的 InGaN 的厚度成比例地生长。为了改善激活层 6 的光约束，该光波导层 5 应当具有一定厚度。因此，在光波导层 5 的表面上出现很大的坑。即使生长在具有大坑的光波导层 5 之上的激活层 6 具有扁平表面，但在波导区域内被引导的光也包括激活层 6，光波导层 5 和光波导层 7 通过大坑散射。这样，大坑的出现引起激光特性的恶化。换言之，当光波导层采用 InGaN 来增加光波导层的折射率时，它也增加了散射损失，这样导致阈值电流密度的增加。

发明的目的和概述

因此，本发明的目的是提供一种半导体激光器件，它具有优良的发射特性，而不会增加生产成本。

根据本发明，氮化物半导体激光器件是一种 III-V 氮化物半导体激光器件，它包括：n 侧 AlGaIn 包覆层；n 侧波导层(guide layer)；激活层；p 侧波导层；和 p 侧 AlGaIn 包覆层，p 侧波导层的折射率大于 n 侧波导层的折射率。

附图的简要说明

图 1 是 III-V 氮化物半导体激光器件的截面图；

图 2 是表示在包覆层中的 In 摩尔份数与光约束因素之间的关系图；

图 3 是一个图表（每一根轴是任意单位），作为比较例，表示在沉积方向的半导体激光器件的折射率（In 摩尔份数 $y=0$ ）和在器

件中的光场（对数轴）分布；

图 4 是一个图表（每一根轴是任意单位），表示本发明的半导体激光器件在生长方向的折射率（In 摩尔份数 $y=0.010$ ）和在器件中的光场（对数轴）分布；

图 5 是一个图表（每一根轴是任意单位），表示本发明的半导体激光器件在生长方向的折射率（In 摩尔份数 $y=0.015$ ）和在器件中的光场（对数轴）分布；

图 6 是一个矩形图，表示当光波导层的厚度和 In 摩尔份数变化时的远场图形；

图 7A-7C 是表示在图 6 中的单个点的远场图形；

图 8 是根据本发明的另一种 III-V 氮化物半导体激光器件的截面图；和

图 9 是根据本发明的不同的 III-V 氮化物半导体激光器件的截面图。

优选实施例的详细说明

因为根据本发明的半导体激光器件的单个组成层的材料组成比部分地不同于普通的 III-V 氮化物半导体激光二极管的对应层的材料的比，因此，本发明的半导体激光器件具有与普通的器件相似的截面结构。

下面参考图 1 进行描述。一种 AlN、GaN 或类似的低温缓冲层 2 生长在一个蓝宝石基片 1 上，n 侧(side)GaN 基层 3 掺杂了 Si 或类似物，具有导电性，该 n 侧(side)GaN 基层 3 生长在缓冲层 2 上，生长厚度大约为 $4-6\mu\text{m}$ 。在基层 3 上依次生长 n 侧 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 包覆层 4 和 n 侧 GaN 波导层 5，n 侧 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 包覆层 4 的 Al 摩尔份数 $x=0.06$ 和厚度为 $0.6\mu\text{m}$ 。然后，在光波导层 5 上生长 MQW 激活层 6 作为发射层，该激活层 6 具有五层 $\text{In}_{y1}\text{Ga}_{1-y1}\text{N}$ ($y1=0.08$, 30 埃) /

$\text{In}_{y2}\text{Ga}_{1-y2}\text{N}$ ($y2=0.01$, 60 埃)。随后, 在 MQW 激活层 6 上依次生长: $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 电子阻挡层 7, 其厚度为 $0.02\ \mu\text{m}$; p 侧 $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 光波导层 8, 掺杂了镁成 P 型; p 侧 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 包覆层 9, 其厚度为 $0.4\ \mu\text{m}$ 并且 Al 摩尔份数 $x=0.06$, 以及 P 侧接触层 10, 其厚度为 $0.1\ \mu\text{m}$ 。p 电极 12b 和 n 电极 12a 通过绝缘层 11 的窗口分别沉积在 p 侧接触层 10 和 n 侧 GaN 基层 3 上。

因为在本实施例的半导体激光器件中的 n 侧光波导层由 GaN 形成, 在其生长之后, 在 n 侧光波导层 5 的表面上没有形成坑, 这样前面提到的散射损失问题将不会出现。由于 p 侧光波导层 8 由 InGa_N 形成, 以增加折射率, 故光约束效率能被改善。

用镁掺杂 InGa_N 抑制了坑的出现。由于 p 侧光波导层 8 用镁掺杂作为一种 p 侧掺杂剂, 故增加散射损失的坑将不会出现, 这是有利的。

由 $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 形成的 p 侧光波导层 8 折射率的大小可以通过调整 In 摩尔份数 y 来控制。这就是说, 光约束状态能被控制。增加在 p 侧光波导层 8 中的 In 摩尔份数 y 能增加 p 侧光波导层 8 的折射率。最好是, 当设定改善激光器件的发射特性时, 由 $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 形成的 p 侧光波导层 8 应当具有 $0.05\ \mu\text{m}$ 或更大的厚度, In 摩尔份数 y 为 0.005 或更大。

下面讨论本发明的半导体激光器件和比较例的发射特性的模拟结果。

图 2 表示当 n 侧光波导层 5 和 p 侧光波导层 8 的厚度设定为 $0.2\ \mu\text{m}$ 时, 激活层 5 的光约束因素(optical confinement factor)P 与 p 侧光波导层 8 的 In 摩尔份数 y 的相互关系, 当 In 摩尔份数 y 变化而改变 p 侧 $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 光波导层 8 的折射率时, 就获得激活层内的光约束因素 P。

随 In 摩尔份数 y 增加, 光约束因素 P 在 $y=0.015$ 附近上升得特

别快，然后缓慢地下降。这就是说，在 n 侧光波导层 5 和 p 侧光波导层 8 的厚度都是 $0.2\ \mu\text{m}$ 的情况下，当 In 摩尔份数 y 大于 0.015 时，获得良好的光约束。

如图 3-6 所示，n 侧光波导层 5 和 p 侧光波导层 8 的厚度都设定为 $0.2\ \mu\text{m}$ ，In 摩尔份数 y 从 0（比较例）到 0.010 和 $=0.015$ （或在本发明中更大）变化，以改变 p 侧 $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 光波导层 8 的折射率，由此计算出器件生长方向的光场分布和远场图形。在图 3-5 中的折射率中，构成器件的各层的折射率采用与图 1 中所示的各层相同的标号来表示。

当 In 摩尔份数 y 等于 0，如在比较例中，即，当 p 侧光波导层 8 由 GaN 形成，相同的材料用于 n 侧光波导层 5 时，p 侧光波导层 8 的折射率与 n 侧光波导层 5 及基层 3 的折射率相同，光场分布 16 在由 16a 和 16b 指示的基层 3 的部分具有峰值，并且在激活层 6 附近，包括 n 侧光波导层 5 和 p 侧光波导层 8 在内，具有一个峰值，如图 3 所示。

在上述条件下，在生长方向的远场图形具有多个窄的和尖的峰值，如图 7C 所示，不是所期望的。在沉积方向的远场图形受在器件中的光场分布的影响很大。这就是说，当激活层 6 附近的光约束较弱，光场漏进基层 3 时，远场图形为具有窄的和尖的峰值的多峰形状。当在器件内激活层 6 附近的光约束适当时，在远场图形中的窄的和尖的峰值变得相当小，该图形接近一个宽的单峰图形。

即使当 In 摩尔份数 y 是 0.010 时，即，即使当 p 侧光波导层 8 的折射率略高于 n 侧光波导层 5 的折射率时，光场分布 16 也具有一个在基层 3 部分的峰值，如图 4 所示。这就是说，光场漏进了基层 3。而且，在这种情况下的远场图形为一个多峰图形，如图 7B 所示，它比起在图 7C 中的图形来说，更接近一个宽的单峰图形。换言之，很明显，在器件中的光约束与 In 摩尔份数 y 等于 0 的情况相比已经

改善。

而且，如图 5 所示，根据本发明，当 In 摩尔份数 y 是 0.015 时，即，当 p 侧光波导层 8 的折射率比图 4 所示的情况更高时，很明显光场分布 16 集中在激活层 6 附近，这个区域包括 n 侧光波导层 5 和 p 侧光波导层 8，发射出现在激活层 6 上，在器件内部的波导光很好地被约束在激活层 6 附近。然后，远场图形具有一个宽的单峰图形，如图 7A 所示，其中没有窄的和尖的峰值，作为器件的发射特性，这是非常期望的。

上面的情况是 n 侧光波导层 5 和 p 侧光波导层 8 的厚度都被设定为 $0.2\mu\text{m}$ 。接着，光场漏进基层 3，远场图形的光场分布随 p 侧 $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 光波导层 8 的 In 摩尔份数 y 和厚度变化而获得。注意：n 侧光波导层 5 由 GaN 形成，n 侧光波导层 5 和 p 侧光波导层 8 的厚度相同。这就是说，当 p 侧光波导层 8 的厚度是 $0.1\mu\text{m}$ 时，n 侧光波导层 5 的厚度也是 $0.1\mu\text{m}$ 。

如图 6 所示，一条曲线 17 表示一种（边界）条件，该条件保证没有光场泄漏，并提供一种单峰远场图形，这样保证最佳的期望发射特性。已经发现该曲线 17 满足关系式 $yt=0.003$ ，其中， y 为 In 摩尔份数和 t 为 p 侧光波导层的厚度（ μm ）。再来看图 2，当 In 摩尔份数 y 比在曲线 17 的情况更低时，发射特性急剧地变得很差，同时，即使当 In 摩尔份数 y 移到比在曲线 17 的情况更高时，发射特性也不会下降很多。这就是说，由曲线 17 分开的区域上部即区域 A，包括曲线 17，提供了一种期望的单峰远场图形，在区域 A 中，膜的厚度大，In 摩尔份数 y 大。

如图 8 所示，在光波导层 5 和激活层 6 之间可以设置一个大约 500 埃，最好 300 埃的 InGaN 中间层 13。当 InGaN 通过 MOCVD 形成到大约 300 埃或更大的厚度时，在生长之后的 InGaN 层的表面上出现坑，如上所述。已经知道：坑从下面的 InGaN 层的位错部分开

始形成。当 n 侧包覆层 4 和 n 侧光波导层 5 都生长在有位错的基层 3 上时，在光波导层 5 上进一步形成厚度大约 500 埃或更小的 InGaN 中间层 13，如图 8 所示，在中间层 13 的表面上出现细坑。由于激活层 6 生长在中间层 13 上，因此，激活层 6 以这种方式生长，即，避开从基层 3 上形成的细坑或位错区域。当贯穿激活层 6 的位错起非辐射重组中心的作用时，在激活层 6 中的非辐射重组的废流能被减少，该激活层 6 以这种方式生长，即，利用激活层 6 之下的 InGaN 中间层 13 来避开位错。这能抑制阈值电流密度的增加，这是所期望的。一定或更大尺寸的坑不是所期望的，这会干扰激活层 6 的平面化，并散射波导光。

图 6 中的虚线曲线 17' 表示当设有中间层 13 时满足曲线 17 的相同条件（即改善发射特性的边界条件）的关系。与没有设置 InGaN 中间层 13 的情况相比，假定光波导层 8 的厚度不变，但减少摩尔份数。

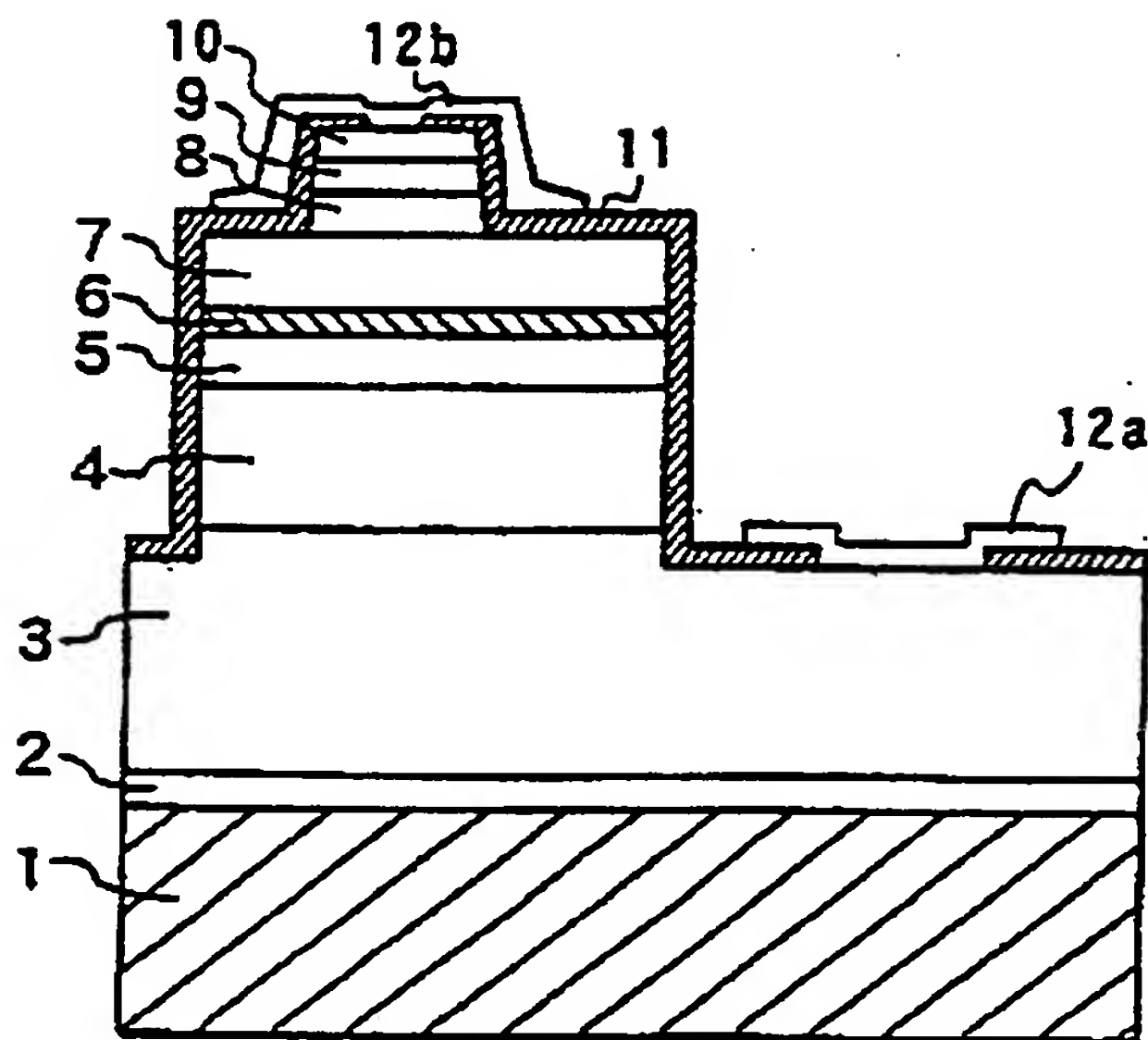
还可以确认：一种具有优良远场图形的激光器件能用在即使激光结构是提供在一种由比如 ELO（外延横向过生长）的技术制备的厚基上的情况，ELO 在 n 侧 GaN 基层 3 内部形成一种 SiO₂ 或类似的掩模层 14，并加快在横向的 GaN 生长，以减少在掩模之上的半导体层中的位错密度。

由于本发明能提高一种半导体激光器件，该器件展示了优良的发射特性，而不会增加器件的组成层的厚度，因而不会增加生产成本。

01.09.19

说明书附图

图1



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.